

Список информационных источников

1. В.П. Вавилов Инфракрасная термография и тепловой контроль. – М.: ИД Спектр, 2009. -544с.
2. В.П. Вавилов Тепловые методы неразрушающего контроля: Справочник. М.: Машиностроение, 1991. – 264 с.
3. Вавилов В.П., Гринцато Э., Бизон П., Маринетти С. Обнаружение коррозии в стальных изделиях с помощью динамической ИК термографии // Дефектоскопия. 1994, № 9. – С. 56-65.

РАДИОВОЛНОВОЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ ИНОРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ТРУБОПРОВОДАХ

Стаднюк Е.И.

*Томский политехнический университет, г. Томск
Научный руководитель: Шиян В.П., к. ф-м.н., доцент кафедры
физических методов и приборов контроля качества*

Своевременная диагностика технического состояния трубопроводов позволяет предупреждать аварийные ситуации, связанные с повреждениями трубопроводов в процессе их эксплуатации и минимизировать затраты на ремонтно-восстановительные работы.

Известен ряд способов получения информации о состоянии линейной части магистрального трубопровода, но они не позволяют получать информацию о состоянии магистрального трубопровода в совокупном виде и обладают низкой оперативностью.

Повышения достоверности и точности полученных результатов НК можно добиться за счет применения дополнительных методов, в частности, для обнаружения инородных объектов (ИО) в трубопроводах предлагается применять радиоволновой метод контроля.

Суть метода состоит в зондировании линии передачи (трубопровода-волновода) СВЧ импульсом наносекундной длительности с последующей фиксацией времени прохода отраженного от неоднородности импульса к входному концу волновода.

Для демонстрации СВЧ метода был разработан лабораторный макет, структурная схема которого приведена на рис.1.

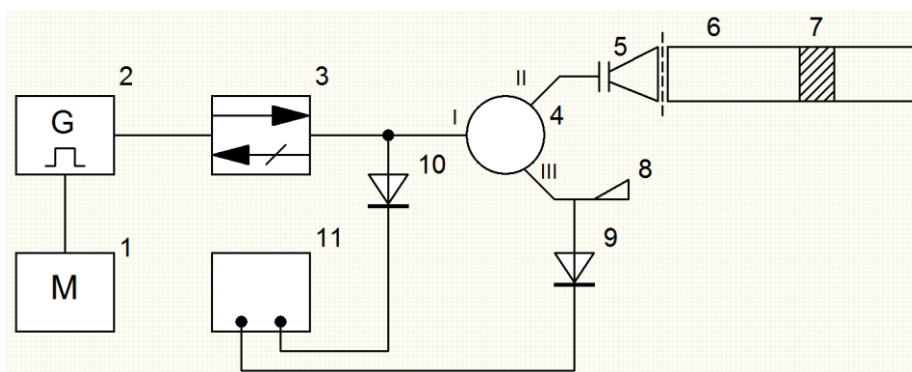


Рис. 1. Структурная схема лабораторного макета:

1 – модулятор импульсов; 2 – СВЧ генератор; 3 – ферритовый вентиль;
4 – циркулятор; 5 – трансформатор типа волны; 6 – труба; 7 – инородный объект (ИО); 8 – согласованная нагрузка; 9, 10 – детектор; 11 – осциллограф.

Сформированный генератором 2 импульс наносекундной длительности через ферритовый вентиль 3 поступает в плечо I циркулятора 4 и далее через плечо II циркулятора, трансформатор типа волны 5 поступает в контролируемую трубу 6 ($L = 1.5 \text{ м}$). С детектора 10 огибающая падающего импульса подается на запуск развертки осциллографа 11. Отраженный от ИО 7 импульс возвращается в плечо II циркулятора, через плечо III проходит в согласованную нагрузку 8 и поглощается в ней. С детектора 9 огибающая отраженного импульса подается на устройство 11, формируя временную метку, отстоящую от начала развертки на время t . Это время равно пробегу СВЧ импульса до ИО и обратно. Расстояние от точки ввода СВЧ импульса в трубу до ИО определяется по формуле

$$L_x = \frac{t \cdot v}{2}, \quad (1)$$

где v – скорость распространения СВЧ импульса по трубе.

Скорость распространения СВЧ импульса в трубе рассчитывается по формуле

$$v = c \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_{кр}}\right)^2}, \quad (2)$$

где λ – рабочая длина волны, м;

c – скорость распространения ЭМВ в свободном пространстве, м/с;

$\lambda_{кр}$ – критическая длина волны, м.

С целью проверки работоспособности лабораторного макета было проведено несколько экспериментов.

На первом этапе были исследованы параметры зондирующего импульса. Для этого между трансформатором типа волны 5 и трубой 6 был помещен металлический отражатель (закоротка). По итогам эксперимента амплитуда импульса составила $U = 0.4 \text{ В}$. Длительность импульса на уровне напряжения 50 % от амплитуды равна $\tau_{и} = 5 \text{ нс}$.

Осциллограмма зондирующего импульса приведена на рисунке 2.

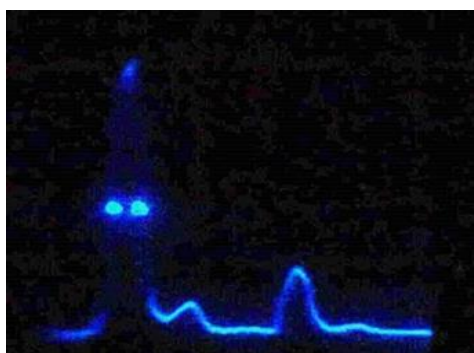


Рис.2. Осциллограмма зондирующего импульса

Затем были измерены параметры импульса отраженного от конца трубы закороченной металлическим отражателем. В этом случае амплитуда отраженного импульса составила $U = 0.33 \text{ В}$.

Осциллограмма отраженного импульса приведена на рисунке 3.

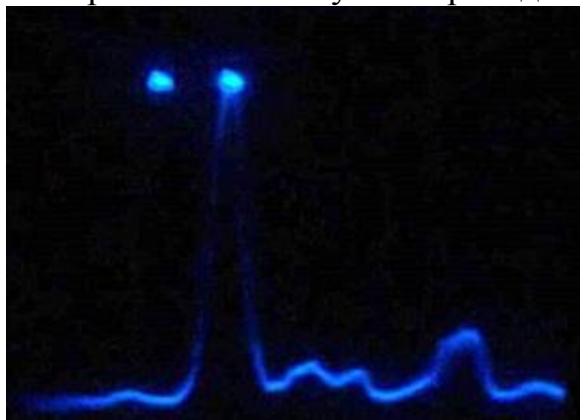


Рис. 3. Осциллограмма рефлексорного импульса от металлического отражателя

Яркостная метка №1 соответствует положению зондирующего импульса, а метка №2 – отраженному. Временной интервал между двумя этими импульсами составил $t = 10.2 \text{ нс}$.

Скорость распространения СВЧ импульса и расстояние до отражателя рассчитали по формулам 1 и 2.

$$v = 2.93 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}, L_x = 149.4 \text{ см}$$

Абсолютная погрешность измерения составила $\Delta = \pm 0.6 \text{ см}$.

На следующем этапе работы был поставлен эксперимент по обнаружению имитаторов ИО (№1 – металлический объект, №2 – лёд). Имитаторы ИО помещались на расстоянии одного метра от начала трубы.

Осциллограммы отраженных импульсов от имитаторов ИО №1 и №2 приведены на рисунках 4 и 5.

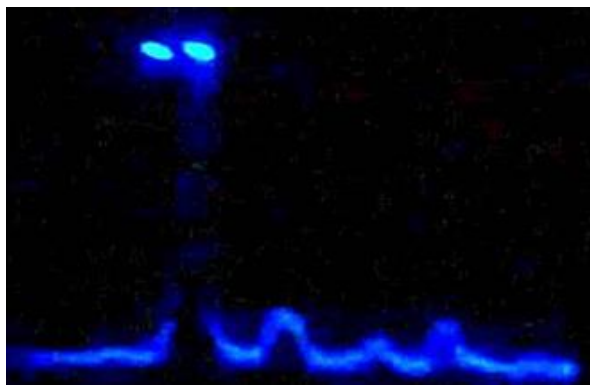


Рис. 4. Осциллограмма отраженного импульса от имитатора ИО №1
Временной интервал между зондирующим импульсом и импульсом от ИО составил $t = 6.8$ нс. Рассчитали расстояние до ИО.

$$L_x = 99.6 \text{ см}$$

Абсолютная погрешность измерения составила $\Delta = \pm 0.4$ см.

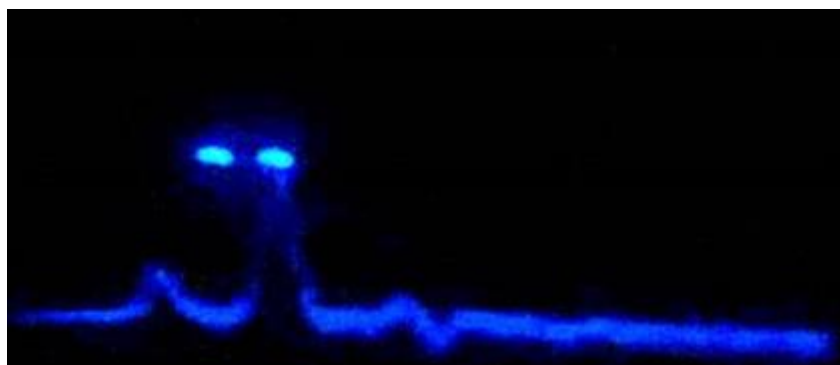


Рис. 5. Осциллограмма отраженного импульса от имитатора ИО №2

Временной интервал между зондирующим импульсом и импульсом от ИО составил $t = 6.7$ нс. Рассчитали расстояние до ИО.

$$L_x = 98.2 \text{ см}$$

Абсолютная погрешность измерения составила $\Delta = \pm 1.8$ см.

По итогам проведенных испытаний можно с уверенностью говорить о высокой степени работоспособности лабораторного макета.

В данных экспериментах основной погрешностью измерений является погрешность в измерении временных интервалов. Данная

погрешность относится к субъективной и обусловлена индивидуальными особенностями оператора. Для её устранения предлагается использовать высокоточное устройство для непосредственного измерения временных интервала и передачи данных на ПК.

Список информационных источников

1. Лебедев, И. В. Техника и приборы СВЧ: учебник для вузов / И. В. Лебедев; под ред. Н. Д. Девяткова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Высшая школа, 1970-1972.

2. Коровин, К. А. Метод определения местоположения инородных объектов в газопроводе / К. А. Коровин, В. П. Шиян // Качество — стратегия XXI века: материалы XIV Международной научно-практической конференции / Томский политехнический университет (ТПУ); Академия проблем качества России (АПК РФ), Томское отделение. — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — с. 147-150.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫХ СИГНАЛОВ В ЗАДАЧЕ КОНТРОЛЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Степанова К.А., Баринов А.В.

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург

Научный руководитель: Кинжагулов И.Ю., к.т.н., доцент кафедры измерительных технологий и компьютерной томографии

Успехи современного материаловедения способствуют созданию новых конструкционных материалов, определенные виды которых находят широкое применение в ракетно-космической технике и машиностроении. При производстве изделий из данных материалов необходимо осуществлять контроль их физико-механических характеристик. В некоторых случаях в результате несоблюдения заданных режимов при изготовлении изделий возможны появления различных дефектов, являющихся концентраторами напряжений и ухудшающие физико-механические свойства материала.

Также в результате долгой эксплуатации изделий в конструкционных материалах происходят необратимые изменения механических свойств — их деградация. Своевременная оценка степени этих изменений позволяет оценить остаточный ресурс работы оборудования.